

## Формування структури збитих десертів при введенні до їх рецептури харчової добавки "Магнетофуд"

І. В. Цихановська, В. В. Євлаш, О. В. Александров, Б. М. Хамітова, К. В. Свідло, О. П. Нечуйвітер

В якості поліпшувача структури збитих десертів розроблено та запропоновано харчову добавку "Магнетофуд" – нанопорошок з розміром частинок (70–80) нм. "Магнетофуд" може як самостійно формувати структурно-механічні властивості збитих мас, так і впливати на гелеутворювач, вступаючи з ним в хімічні і електростатичні взаємодії. Тому, харчова добавка "Магнетофуд" може впливати одразу на декілька технологічних властивостей у харчовій дисперсній системі: бути стабілізатором, загусником, піно- та драг-леутворювачем. За рахунок Fe (II), нанорозмірів та розвиненої активної поверхні "Магнетофуд" має сорбційні, комплексоутворюючі, емульгуючі, вологоутримуючі, жирутримуючі, вологозв'язуючі, стабілізуючі, структуроутворюючі властивості. Це дозволяє рекомендувати "Магнетофуд" як добавку комплексної дії для формування структури збитих десертів та підвищення якості збитої десертної продукції. Встановлено, що введення харчової добавки "Магнетофуд" у дослідні зразки ягідно-плодових мусів та самбуків у кількості 0,10 %, 0,15 %, 0,20 % від маси рецептурної суміші поліпшує структурно-механічні властивості збитих десертів. При використанні добавки "Магнетофуд" зменшується густина на  $(29 \pm 1)$  кг/м<sup>3</sup> – для мусів, на  $(26 \pm 1)$  кг/м<sup>3</sup> – для самбуків й тривалість збивання на ~15 % у порівнянні з контролем. Доведено, що введення добавки "Магнетофуд" сприяє збільшенню: пластичної міцності в 1,23 рази; пористості на  $(14,3 \pm 0,7)$  % – для мусів і на  $(12,7 \pm 0,6)$  % – для самбуків; стабільності піни на  $(22,5 \pm 1,1)$  % в порівнянні з контролем. Також збільшується піноутворююча здатність на  $(40 \pm 2)$  % – для мусів і на  $(55 \pm 3)$  % – для самбуків; ефективна в'язкість на  $(4,4 \pm 0,2)$  % – для мусів і на  $(4,1 \pm 0,2)$  % – для самбуків в порівнянні з контролем. Встановлено раціональний вміст харчової добавки "Магнетофуд" – 0,15 % до рецептурного складу.

Одержані експериментальні дані можуть бути використані при розробленні технологій збитої десертної продукції

Ключові слова: харчова добавка "Магнетофуд", збиті десерти, стабілізуючі і структуроутворюючі властивості

### 1. Вступ

На теперішній час серед широкого асортименту харчової продукції особливим попитом у споживачів користується збита десертна продукція: муси, самбуки, смузі тощо [1].

Розробка технологій збитої десертної продукції, що містить порожнечу у вигляді пухирців газу, на Заході сьогодні вважається найбільш актуальною

через невичерпність і низьку вартість ресурсу “порожнечі” [2, 3]. Однак попит на збиту десертну продукцію задоволений не повністю. Очевидно, це пов'язано з тим, що збиті десерти мають невеликий термін реалізації, складну і трудомістку технологію виробництва, що зумовлює неоднорідність якості та стримує розширення їх асортименту [1, 4].

Стрімке зростання попиту на збиту десертну продукцію визначає доцільність покращення її структурно-механічних, функціонально-технологічних властивостей та подовження терміну зберігання.

Слід враховувати, що структурно-механічні властивості збитої десертної продукції (піноутворююча здатність, піностійкість, дисперсність, пористість і густина піни) характеризують якість збитих десертів і враховуються споживачем при виборі з широкого асортименту продукції.

Для утворення стабільної пінної структури збитих десертів до їх рецептур необхідно додавати речовини, що володіють поверхнево-активними властивостями: харчові емульгатори, піноутворювачі і стабілізатори піни [1, 3]. Аналіз продовольчого ринку показує, що сьогодні для утворення та стабілізації збитої десертної продукції використовуються як харчові добавки, так і сировина тваринного й рослинного походження. На теперішній час недостатня кількість нових речовин, які використовуються для піноутворення і стабілізації пінних структур збитих десертів. Це пов'язано з труднощами пошуку нових видів структуроутворювачів і стабілізаторів, що володіють необхідними властивостями; значною часткою інгредієнтів з високою вартістю та ін. [1, 3, 5, 6].

З метою формування і стабілізації пінної структури білково-вуглеводної системи збитих десертів, зокрема ягідно-плодових мусів і самбуків, можна запропонувати харчову добавку “Магнетофуд”. “Магнетофуд” – харчова добавка – ультратонкий порошок оксидів феруму  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  з розміром частинок ~80 нм. Здатність наночастинок “Магнетофуд” до структуроутворення та формування просторових структур з білками, вуглеводами визначається, в основному, електростатичними – диполь-дипольними (вандерваальсовими) і іонно-дипольними взаємодіями. В утворенні надмолекулярних ансамблів з біополімерами приймають участь також донорно-акцепторні (координаційні) взаємодії. Вони виникають між поверхнею наночастинок і молекулами білків, вуглеводів харчових систем, що адсорбуються. На поверхні наночастинок (НЧ) добавки “Магнетофуд” ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) знаходяться різнойменно поляризовані ділянки ( $^{+\square}\text{Fe}$ ) і ( $^{-\square}\text{O}$ ). Структуроутворюючими іонами в харчовій добавці “Магнетофуд” є катіони ферума  $\text{Fe}^{2+}$  і  $\text{Fe}^{3+}$ . Висока напруженість електричного поля, створюваного іонами феруму наночастинок добавки, підсилює поляризацію молекул сполук харчових систем, що сприяє їх додатковій впорядкованості за межами поверхні частинок та адсорбції [7–9].

Наночастинок харчової добавки “Магнетофуд” мають високий енергетичний та хімічний потенціал та біоспорідненість до біополімерів, зокрема, білків, вуглеводів та несуть в собі нові функціонально-технологічні властивості: структуроутворюючі, стабілізуючі, емульгуючі, водозв’язуючі, водоутримуючі. Тож, добавка “Магнетофуд” може впливати на процеси структуроутворення та піноутворення при виробництві збитих десертів, а також на показники якості

готової продукції. Однак ці дані відсутні і необхідні додаткові дослідження. Тому, вивчення впливу харчової добавки “Магнетофуд” на структурно-механічні властивості збитої десертної продукції, зокрема ягідно-плодових мусів та самбуків, є актуальним завданням.

## **2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми**

У технології збитої десертної продукції, зокрема мусів, самбуків, використовується значна кількість харчових добавок. Деякі з них є хімічно чистими речовинами, а деякі сировиною тваринного та рослинного походження. Це впливає на якість та собівартість готових десертів. Останнім часом проводяться численні дослідження з пошуку нових піно- і структуруючих та стабілізуючих компонентів невисокої собівартості. Що поліпшують функціонально-технологічні, структурно-механічні, фізико-хімічні і органолептичні показники збитої десертної продукції. Також ведуться активні пошуки по частковій або повній заміні традиційних піно- та структуруювачів, зокрема, желатину, яєчних та молочних продуктів. Наприклад, желатин – піно- і структуруювач білкової природи, до недоліків якого можна віднести специфічний запах і смак, низьку температуру плавлення і значний час, потрібний для утворення драглю. До основних недоліків яєчного білка можна віднести ризик мікробного обсіменіння, високу алергенність, а також недостатньо високі стабільність і кратність одержуваної піни [6, 10, 11].

Для поліпшення властивостей пінних структур збитих десертів сучасні дослідники все частіше рекомендують використовувати різноманітні піноутворювачі білкової природи. Зокрема, сироваткові білкові гелі – для стабілізації піни [12]; білки-гідрофобіни – як нові функціональні інгредієнти, що володіють високою піноутворюючою та стабілізуючою здатністю [13]. Також використовуються складні білкові міцели сурфактанта з казеїн атом. Вони мають високу стабілізуючу та структуруючу дію [14]. Високу піноутворюючу, емульгуючу та стабілізуючу дію мають білкові комплекси казеїну і сироваткових білків з полісахаридами (целюлозою, етилцелюлозою, гідрофобно-модифікованими гранулами крохмалю) [15]. Комплекси риб'ячого желатину (FG) з альгінатом (AL) сприяють покращенню піноутворення та піностійкості збитих десертів [16]. Однак питання поліпшення дисперсності пінних структур залишилися не вирішеними.

Для підвищення стійкості харчових пін білкової природи, як правило, вводять стабілізатори – добавки полісахаридної природи. Застосування цих речовин дозволяє отримати пінну структуру з заданими функціонально-технологічними властивостями. Так, для підвищення пластичної міцності та покращення консистенції й текстури збитих десертів використовуються різноманітні гідрогелі. Проявляють властивості загусників, структуруювачів і стабілізаторів, – камедь тари, гуарова камедь, камедь ріжкового дерева, ксантанова камедь [17], ксантан, каррагінан і його натрієва, калієва, амонійна солі, включаючи фурцелларан та інші [18–20]. Однак дані структуруючі компоненти мають високу собівартість.

Деякі вчені пропонують комбіновані системи структуроутворювачів для регулювання структурно-механічних властивостей пінних структур, зокрема комбінації желатину з пектином, з сульфатованими полісахаридами; желатин – к-каррагінан, желатин-ЛМ пектин [18]. Для покращення піноутворюючої здатності і підвищення стійкості яєчного білка деякі дослідники пропонують полівалентні катіони, включаючи алюміній, мідь, залізо, цинк, через їхню здатність взаємодіяти з овотрансферином білка [21, 22]. Успішно використовуються тринатрійфосфат, пірофосфат, гексаметафосфат і інші фосфати натрію для підвищення піноутворюючої здатності яєчного білка [23]. Однак проблема стійкості пінної структури все ще не вирішена.

З метою підвищення здатності піноутворення яєчного білка в нього додають різні овочеві та фруктово-ягідні пюре, зокрема пюре фейхоа, ківі, топінамбура і ін. [24, 25]. Однак стійкість пінної структури зростала не достатньо і піноутворююча здатність системи знижувалася при одночасно відчутному зменшенні її в'язкості.

Нині з метою підвищення стійкості пінних структур широко застосовують бінарні суміші біополімерів, що складаються з білка і одного полісахариду ( $\beta$ -лактоглобулін + аравійська камедь,  $\beta$ -лактоглобулін + пуллулан, ізолят сироваткового білка + аравійська камедь, альбумін яєчного білка + пектин і т. д.) [26, 27]. Останнім часом використовуються білоквмісні структуроутворюючі добавки, отримані з зернових культур (вівса, ячменю, сої) [28, 29], а також структуроутворювачі та стабілізатори рослинного походження: лікарські та пряно-ароматичні трави у вигляді порошків або екстрактів, овочеві та плодово-ягідні порошки [30]. Однак вони не забезпечують достатньої пористості і дисперсності.

Для регулювання структурно-механічних властивостей пінних структур наразі почали використовувати біологічні стабілізатори [31] і нанодобавки (частинки модифікованого кремнезему) [32].

Аналіз інформаційних джерел [1, 10–32] показує відсутність даних про технології збитих десертів з використанням мінеральних нанопорошкових добавок, що мають піно- та структуроутворюючі, стабілізуючі властивості; поліпшують структурно-механічні властивості пінних структур, показники якості і подовжують термін зберігання збитих десертів. Як добавку-поліпшувач для харчових систем розроблено та запропоновано харчову добавку “Магнетофуд”. У харчових системах “Магнетофуд” проявляє антиоксидантні, сорбційні, бактеріостатичні, комплексоутворюючі, емульгуючі, волого утримуючі, вологозв’язуючі, стабілізуючі, структуроутворюючі властивості [7–9].

У зв’язку з цим представляє науково-практичний інтерес дослідження структурно-механічних властивостей збитих десертів, зокрема мусів та самбуків при введенні до рецептури харчової добавки “Магнетофуд”

Отже, незважаючи на численні дослідження в області технологій збитої десертної продукції, залишилися невирішеними питання, пов’язані з формуванням структури збитих десертів. Причиною цього є недостатня кількість структуроутворювачів і їх висока собівартість. Використання вітчизняних мінеральних структуроутворювачів, зокрема харчової добавки “Магнетофуд”, з

невисокою собівартістю є перспективним. Функціонально-технологічні властивості харчової добавки "Магнетофуд" є підставою для ствердження, що доцільним є проведення дослідження, присвяченого формуванню структури збитих десертів під впливом наночастинок добавки "Магнетофуд".

### 3. Ціль та задачі дослідження

Метою роботи є покращення структури збитих десертів шляхом введення до рецептурного складу харчової добавки "Магнетофуд".

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

- вивчити вплив харчової добавки "Магнетофуд" на піноутворюючу здатність і піностійкість дослідних зразків мусів та самбуків;
- дослідити вплив харчової добавки "Магнетофуд" на міцність та ефективну в'язкість, дисперсність, пористість і густину дослідних зразків мусів та самбуків;
- встановити раціональну масову частку харчової добавки "Магнетофуд" у рецептурах ягідно-плодового мусу "Малинка" та самбуку "Ягідка".

### 4. Матеріали та методи дослідження харчової добавки «Магнетофуд»

#### 4. 1. Досліджувані матеріали та обладнання, що використовували в експерименті

Досліджували вплив харчової добавки "Магнетофуд" на піноутворюючу здатність, піностійкість, дисперсність, пористість, густину піни ягідно-плодових мусів та самбуків.

Об'єкт дослідження: технологія ягідно-плодових мусів та самбуків з використанням добавки "Магнетофуд".

Предмети досліджень – модельні зразки ягідно-плодових мусів та самбуків з використанням добавки "Магнетофуд"; контрольні базові рецептури мусу "Журавлинний" № 898 та самбуку "Яблучний або сливовий" № 904 [33] і наведені в табл. 1. Слід зазначити, що вибір контрольних зразків ґрунтувався на нормативної документації, а рецептурний склад розроблюваних аерованих десертів відпрацьовувався згідно функціонально-технологічним властивостям пінних систем: піноутворююча здатність, піностійкість, дисперсність, пористість, густина, ефективна в'язкість.

Таблиця 1

Рецептури ягідно-плодових: мусу "Журавлинний" і самбуку "Яблучний або сливовий" (контроль) та мусу "Малинка" й самбуку "Ягідка" з різною масовою часткою

Найменування сировини	Витрати сировини на 100 г готової продукції, г (брутто)							
	зразки мусу "Малинка"				зразки самбуку "Ягідка"			
	№ 1 контроль	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5 контроль	№ 6	№ 7	№ 8
Малина	–	13,15	13,15	13,15	–	–	–	–
Полуниця	–	–	–	–	–	39,75	39,75	39,75
Чорна	–	3,29	3,29	3,29	–	9,94	9,94	9,94

смородина								
Журавлина	26,3	2,63	2,63	2,63	—	—	—	—
*Яблуко	—	7,23	7,23	7,23	79,5	21,86	21,86	21,86
*Слива	—	—	—	—	72,2	7,95	7,95	7,95
Цукор-пісок	20,0	20	20	20	20,0	20,0	20,0	20,0
Яйця (білки)	—	—	—	—	4,8 (2 яйця)	4,8 (2 яйця)	4,8 (2 яйця)	4,8 (2 яйця)
Желатина	2,7	2,6	2,55	2,5	1,5	1,4	1,35	1,3
Вода	65,0	65,0	65,0	65,0	42,0	42,0	42,0	42,0
Харчова добавка «Магнето- фуд»	—	0,10	0,15	0,20	—	0,10	0,15	0,20

Примітка: \* – у рецептурному складі самбуку “Яблучний або сливовий” (контроль) присутнє: або 79,5 г яблука або 72,2 г сливи. У рецептурних складах самбуків “Ягідка” (зразки 6–8) присутнє: і яблуко і слива. Крім того, слід зазначити, що втрати маси готового продукту йдуть за рахунок випаровування води при тепловій обробці (зокрема, набухання і розчинення желатину при отриманні напівфабрикату «Розчин желатину з харчовою добавкою “Магнетофуд”»)

Приготування дослідних зразків мусу та самбуку проводили відповідно до традиційної технології мусів та самбуків за класичною рецептурою [33], табл. 1.

Більш детально досліджувані матеріали, обладнання та методики що використовували в експерименті, описано в роботі [34].

Оцінку результатів досліджень і їх статистичної обробку проводили з використанням сучасних методів розрахунку статистичної достовірності результатів вимірювань ( $n=5$ ,  $p \leq 0,05$ ) за допомогою пакетів прикладних програм Microsoft Office Excel 2010, Statistic 6.0, та MathCAD 14.

## 5. Результати досліджень показників збитих десертів

### 5. 1. Вивчення впливу харчової добавки “Магнетофуд” на піноутворюючу здатність і піностійкість дослідних зразків мусів та самбуків

При оцінці якості збитих десертів необхідно встановлювати їх структурно-механічні властивості, від яких багато в чому залежить позитивне сприйняття споживачем харчового продукту. Для мусів і самбуків основними структурно-механічними показниками є консистенція і текстура. Консистенція є ступінь щільності. Текстура в свою чергу – це фізико-структурна властивість продукту, що сприймається органами зору і дотику і викликає у людини певні відчуття при споживанні (відкушуванні, розжовуванні, ковтанні) [35, 36].

Тому, для визначення технологічних параметрів та режимів виробництва ягідно-фруктових збитих десертів: мусу “Малинка” та самбуку “Ягідка” досліджено вплив харчової добавки “Магнетофуд” на збитість та стабільність піни дослідних зразків мусів та самбуків.



На рис. 1 наведено піноутворююча здатність дослідних зразків ягідно-плодових збитих десертів: мусів та самбуків відповідно при введенні в рецептуру харчової добавки “Магнетофуд” у порівнянні з контролем.

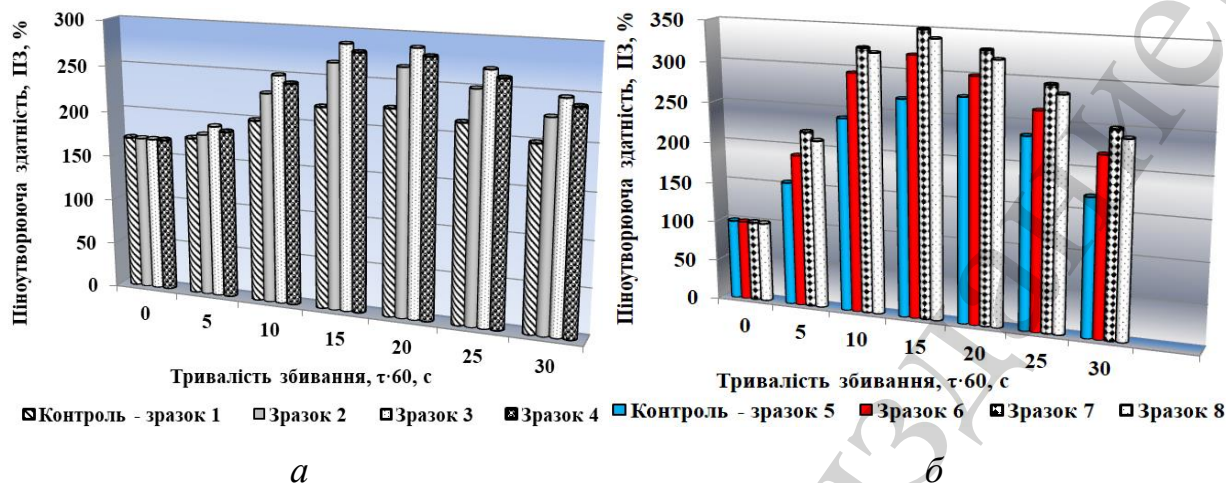


Рис. 1. Піноутворююча здатність (ПЗ) дослідних зразків ягідно-плодових збитих десертів при введенні в рецептуру харчової добавки “Магнетофуд” у порівнянні з контролем: *а* – для мусу (піноутворювач – 5 % розчин желатини); *б* – для самбуку (бінарний піноутворювач – 5 % розчин желатини:яєчний білок =3:1)

Як видно з (рис. 1, *а, б*) тривалості збивання на піноутворюючу здатність дослідних зразків збитих десертів при введенні добавки “Магнетофуд” в кількості (0,10–0,15) % від рецептурного складу сприяє підвищенню піноутворюючої здатності збитих десертів у середньому на  $(40 \pm 2)$  % для мусів та на  $(55 \pm 3)$  % для самбуків.

Досліджено стійкість піни (СП) дослідних зразків ягідно-плодових збитих десертів при введенні до рецептури харчової добавки “Магнетофуд” рис. 2.

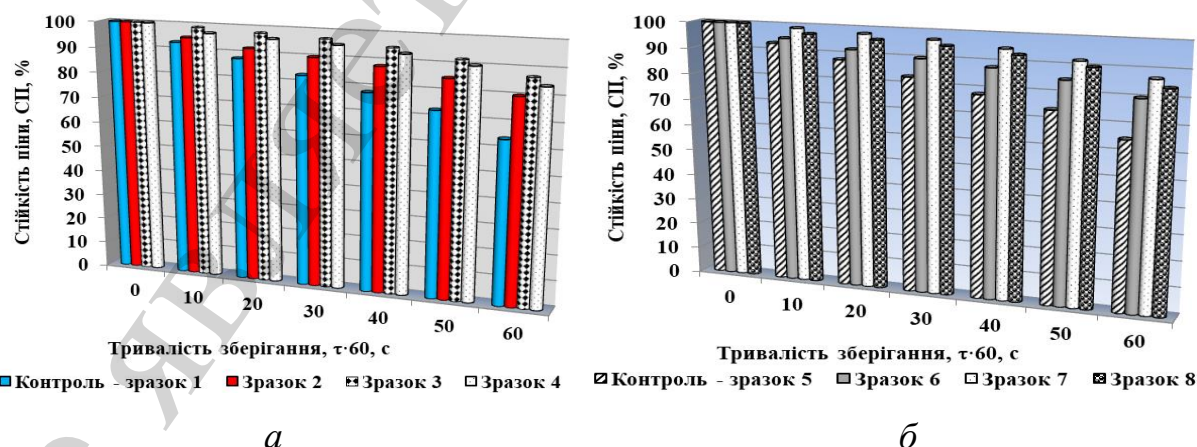


Рис. 2. Стійкість піни (СП) дослідних зразків ягідно-плодових збитих десертів при введенні в рецептуру харчової добавки “Магнетофуд”: *а* – для мусу (піноутворювач – 5 % розчин желатини); *б* – для самбуку (бінарний піноутворювач – 5 % розчин желатини:яєчний білок =3:1)

Отримані результати (рис. 3, а, б) свідчать про високу стабільність дослідних зразків збитих десертів з желатином (муси) і з композицією желатину й яєчного білка (самбуки) та з використанням харчової добавки “Магнетофуд”. Це пов’язане з тим, що поверхнево активні наночастинки добавки “Магнетофуд” сприяють підвищенню збитості плодово-ягідних десертів і стабілізації їх пінної структури. Ефект здійснюється за рахунок формування стійкого просторового каркасу внаслідок магнетофудово-білково-вуглеводного комплексоутворення (за допомогою молекулярних та міжмолекулярних зв’язків). Також він здійснюється за рахунок перерозподілу вологи за формами зв’язку та змінам у просторовому зв’язку води в системі (завдяки високій водозв’язуючій і водоутримуючій здатності частинок добавки “Магнетофуд”) [8, 9].

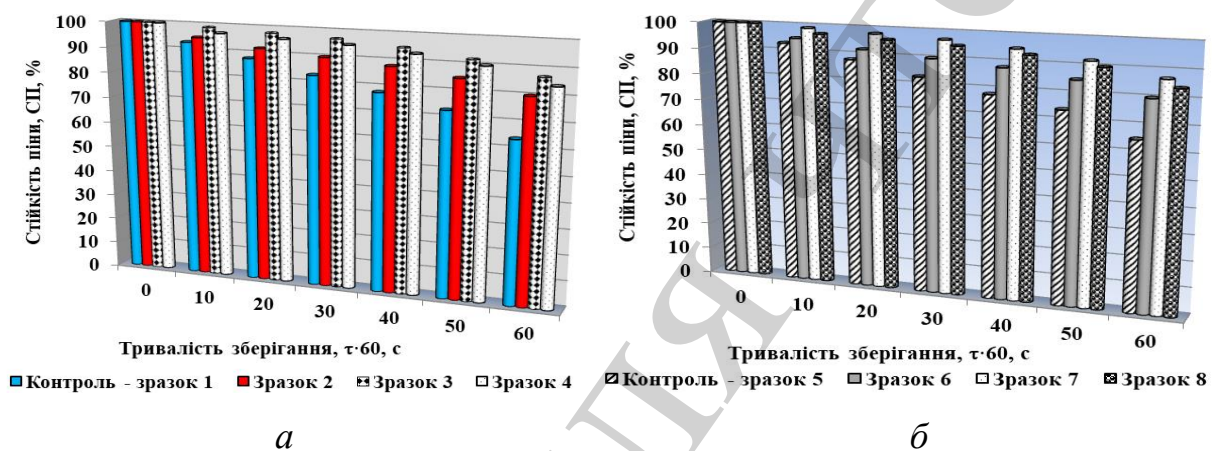


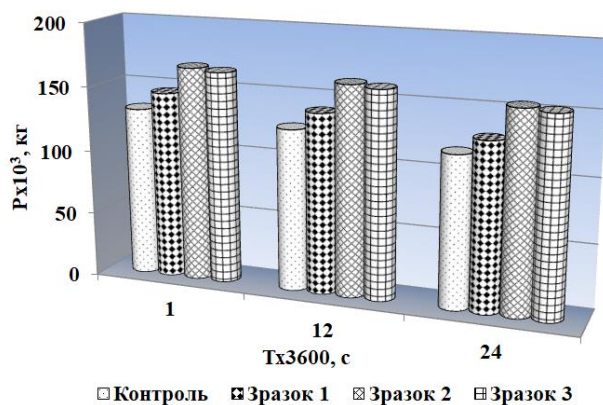
Рис. 3. Стійкість піни (СП) дослідних зразків ягідно-плодових збитих десертів при введенні в рецептуру харчової добавки “Магнетофуд”: а – для мусу (піноутворювач – 5 % розчин желатини); б – для самбуку (бінарний піноутворювач – 5 % розчин желатини:яєчний білок =3:1)

Таким, чином, можна констатувати, що доцільно при створенні нової збитої продукції використовувати харчові композиції на основі ягідно-плодового пюре з додаванням харчової добавки “Магнетофуд”, що дозволяє отримати пишну пінну, ніжну масу та забезпечує її стабільність.

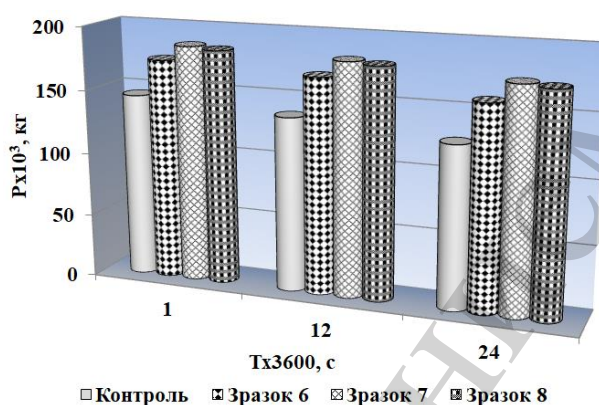
## 5. 2. Дослідження впливу харчової добавки “Магнетофуд” на структурно-механічні властивості збитих десертів

Дослідження структурно-механічних показників, зокрема пластичної міцності (рис. 4) та ефективної в’язкості (рис. 5, 6), збитих десертів з використанням наночастинок харчової добавки “Магнетофуд” протягом встановленого терміну зберігання (24 годин) також підтверджують цю гіпотезу та дані попередніх досліджень збитості і стабільності пінних систем збитих десертів з використанням нанодобавки.





*a*

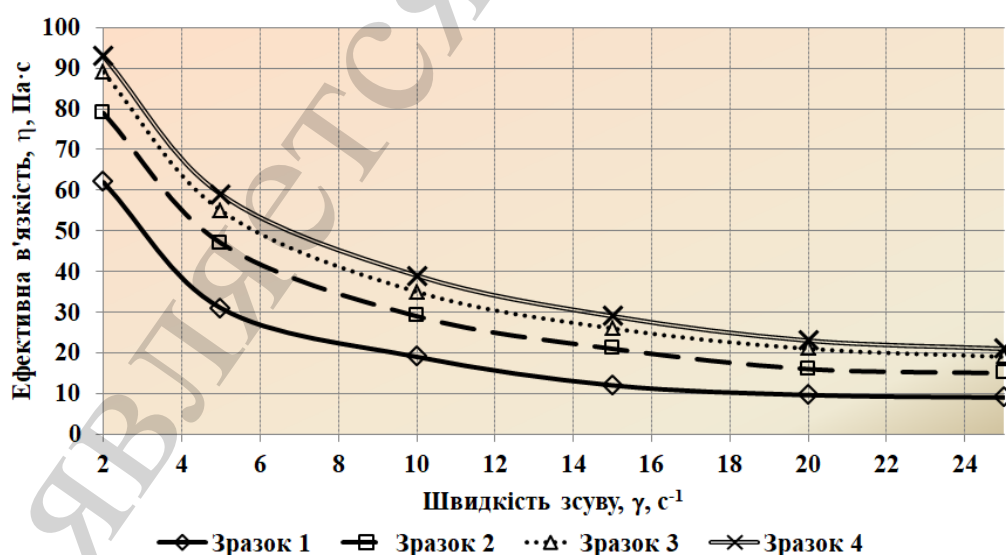


*б*

Рис. 4. Діаграми міцності дослідних зразків збитих десертів при введенні в систему харчової добавки “Магнетофуд” протягом встановленого терміну зберігання за температури (2–4) °С: *a* – для мусу (піноутворювач – 5 % розчин желатину); *б* – для самбуку (бінарний піноутворювач – 5 % розчин желатину:яєчний білок = 3:1)

Експериментальні дослідження (рис. 4, *a*, *б*) довели, що використання харчової добавки “Магнетофуд” зміцнює структуру пінних систем мусу “Малинка” та самбуку “Ягідка” – в 1,23 рази порівняно з контрольними зразками.

На рис. 5, 6 представлено результати вивчення ефективної в'язкості зразків мусу (рис. 5) та самбуку (рис. 6). Дослідження проводили в діапазоні швидкостей зсуву від  $1,8 \text{ c}^{-1}$  до  $25,0 \text{ c}^{-1}$ . Термін зберігання дослідних зразків: 1 год., 12 год., 24 год. при температурі (2–4) °С.



*a*

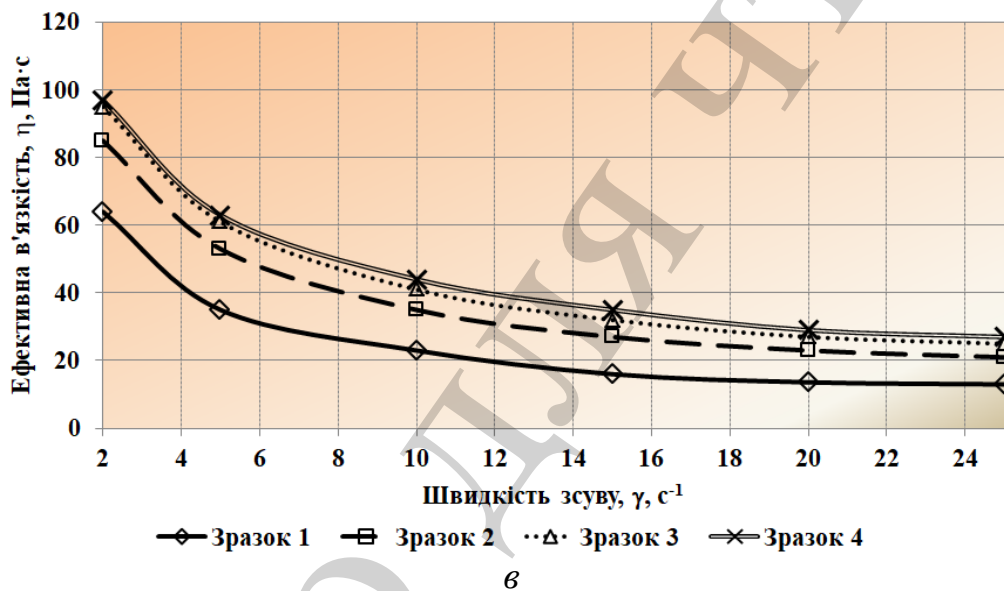
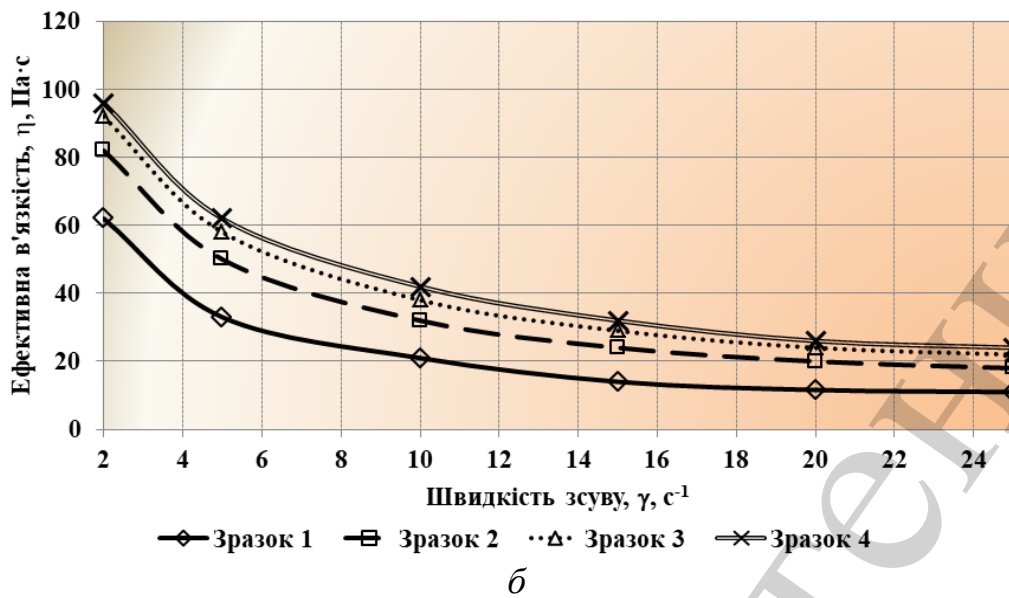
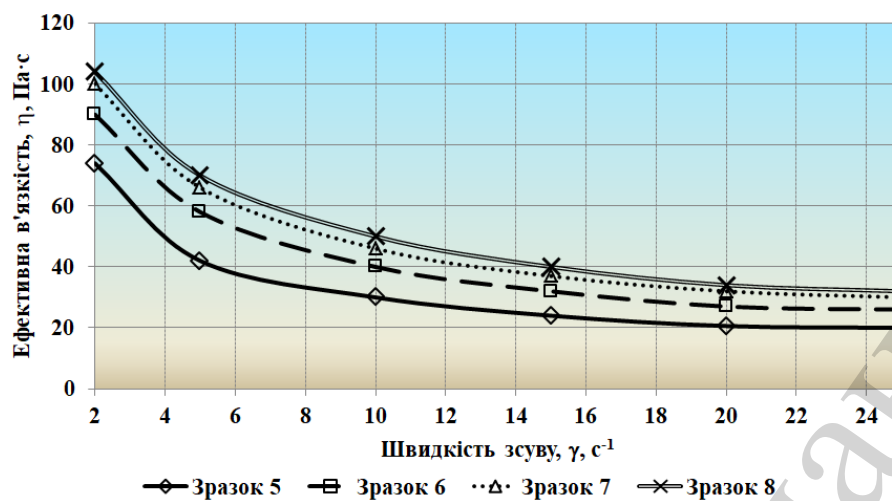
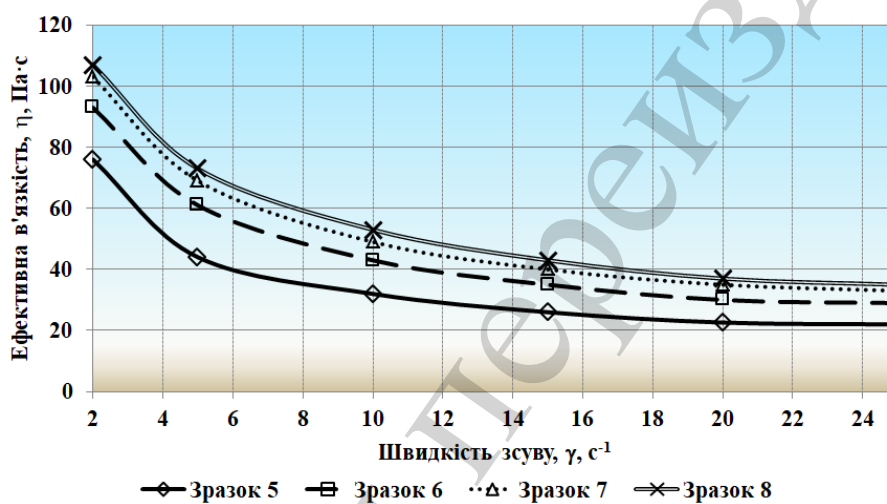


Рис. 5. Ефективна в'язкість в діапазоні швидкостей зсуву (1,8–25,0) с<sup>-1</sup> дослідних зразків мусу "Малинка", що зберігались за температури (2–4) °С протягом: *а* – 1 години; *б* – 12 годин; *в* – 24 години

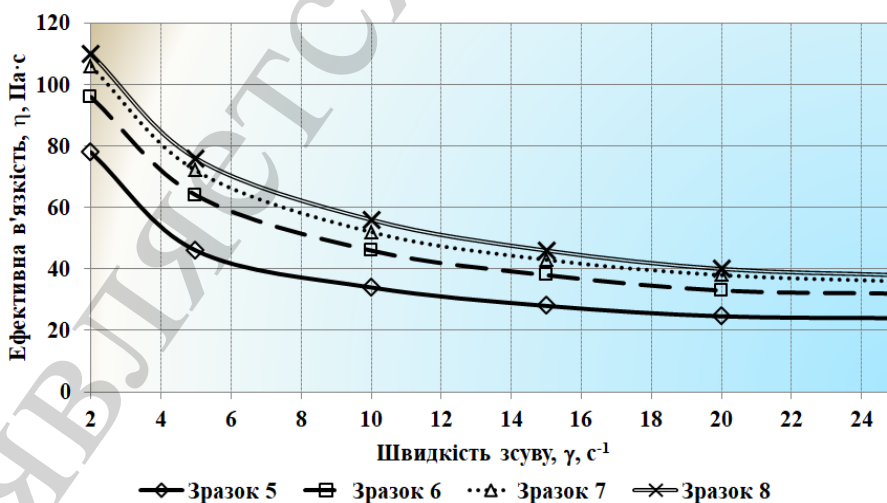
Аналіз даних рис. 4 показує, що під час зберігання впродовж 24 годин в'язкість зразків мусу (при швидкості зсуву 1,8 с<sup>-1</sup>) збільшується на (4,4±0,2) % – в зразках з додаванням "Магнетофуд" і на (2,7±0,1) % – у контрольному зразку (без добавки "Магнетофуд").



*a*



*б*



*в*

Рис. 6. Ефективна в'язкість в діапазоні швидкостей зсуву (1,8–25,0) с<sup>-1</sup> дослідних зразків самбуку "Ягідка", що зберігались за температури (2–4) °С протягом: *a* – 1 години; *б* – 12 годин; *в* – 24 години

З експериментальних даних рис. 6 видно, що під час зберігання впродовж 24 годин в'язкість зразків самбуку (при швидкості зсуву  $1,8 \text{ c}^{-1}$ ) збільшується на  $(4,1 \pm 0,2) \%$  – в зразках з додаванням “Магнетофуд” і на  $(2,5 \pm 0,1) \%$  – у контрольному зразку (без добавки “Магнетофуд”)

Враховуючи, що при зберіганні дослідних зразків мусу та самбуку були створені умови для запобігання випаровування вологи, підвищення в'язкості можна пояснити наступним чином. В зразках збитих ягідно-плодових десертів під впливом наночастинок харчової добавки “Магнетофуд” під час зберігання за рахунок молекулярних та міжмолекулярних зв'язків (магнетофудово-білково-вуглеводного комплексоутворення) відбувається формування, стабілізація та поступове укріплення просторового каркасу [9].

Важливим аспектом страв із пінною структурою є дисперсність піни, яка забезпечує необхідну стабільність харчової текстури у часі. Відповідно теоретичним положенням, чим менші розміри частинок, тим більша дисперсність. Піноподібні системи, до яких належать збиті десерти, характеризуються розміром та концентрацією повітряної фракції. Нами проведені дослідження й ідентифікація розміру та кількості повітряних пухирців. Визначена нормована функція розподілу пухирців повітря за діаметром та питомою часткою пухирців кожного розміру. Результати мікроскопічних досліджень представлені на рис. 7.

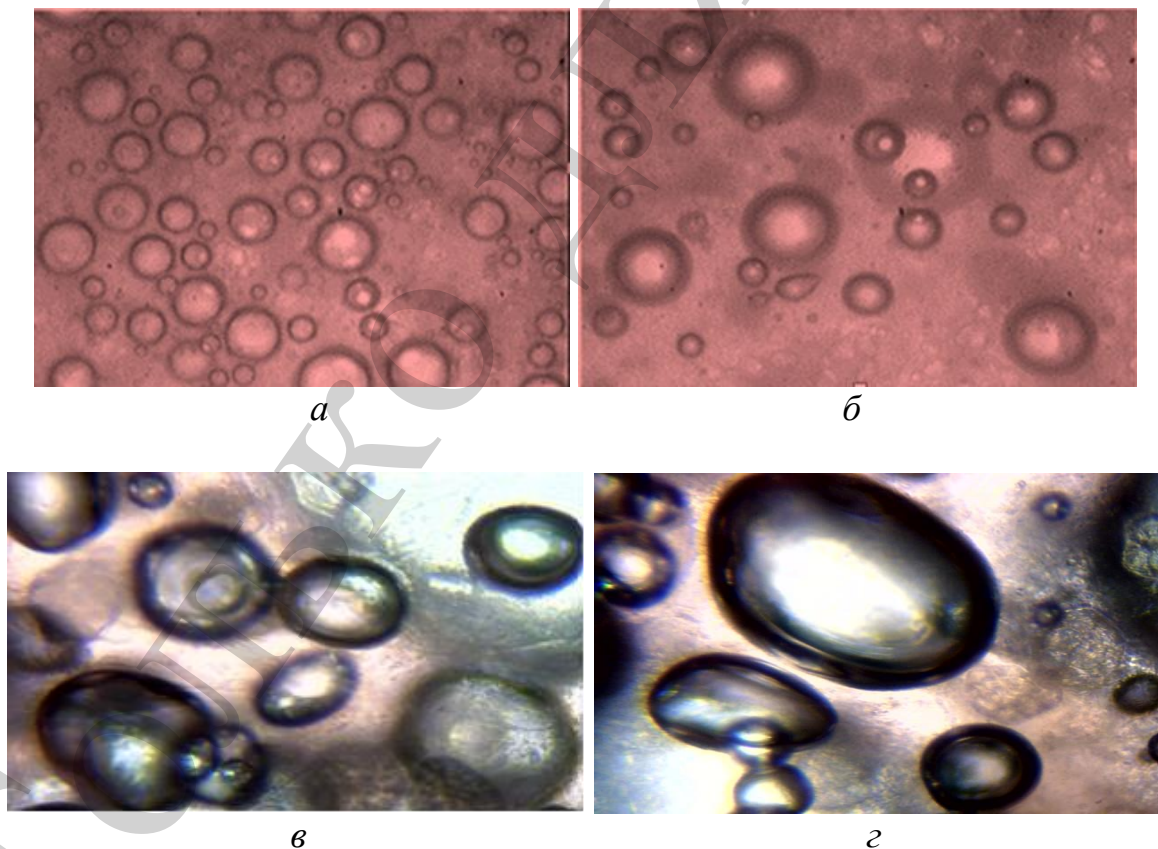


Рис. 7. Мікрофотографії дослідних зразків збитих десертів: *а* – зразок 3 (мус “Малинка”) – з добавкою “Магнетофуд”; *б* – зразок 1 – мус без добавки “Магнетофуд”; *в* – зразок 7 (самбук “Ягідка”) – з добавкою “Магнетофуд”; *г* – зразок 5 – самбук без добавки “Магнетофуд”



На мікрофотографіях (рис. 7) видно, що в даних мікроструктурах повітряні пухирці ідентифікуються у вигляді ідеально сферичних форм, які розподілені за об'ємом. Причому, введення харчової добавки "Магнетофуд" сприяє утворенню більш дрібних повітряних пухирців і більш рівномірному розподілу їх по всьому об'єму збивної маси (зразки 3 і 7, рис. 7, б і г) в порівнянні з контролем (зразки 1 і 5, рис. 7, а і в). Визначили розміри та кількість повітряних пухирців. Оцінили площі поверхні пухирців повітря відносно поверхні досліджуваної системи. Результати розподілу пухирців повітря за діаметром наведені на рис. 8 та у табл. 2.

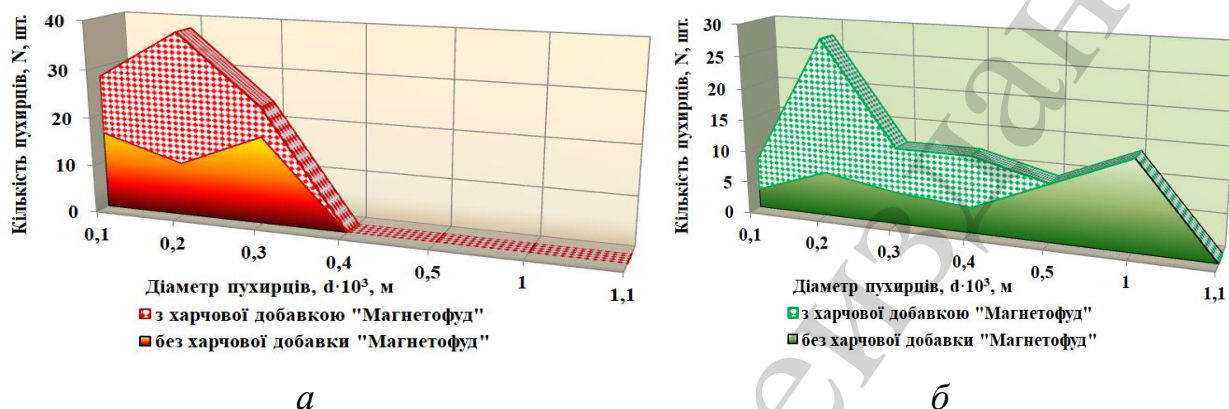


Рис. 8. Розподіл повітряних пухирців за діаметром у дослідних зразках збитих десертів: а – зразок 3 (мус "Малинка" з добавкою "Магнетофуд") та контроль – зразок 1 (мус "Малинка" без добавки "Магнетофуд"); б – зразок 7 (самбук "Ягідка" з добавкою "Магнетофуд") та контроль – зразок 5 (самбук "Ягідка" без добавки "Магнетофуд")

З рис. 8 видно, що максимальна кількість повітряних пухирців має діаметр  $d=(0,2\pm0,01)$  мм і становить: 27 одиниць для мусу "Малинка" і 21 одиницю для самбуку "Ягідка" (з 45 одиниць). Питома густина частинок становить  $25\cdot10^6$  штук для мусу "Малинка" і  $19\cdot98$  штук для самбуку "Ягідка" в  $1\text{ м}^2$  площині дослідження. Також видно, що введення харчової добавки "Магнетофуд" сприяє більш вузькому розподілу пухирців повітря за діаметром у порівнянні з контрольними зразками.

Таблиця 2

Розподіл повітряної фракції у дослідних зразках мусів та самбуків

Модельна система	Розподіл пухирців (у %) за розміром, $10^{-3}$ м						Розом, %
	0–0,1	0,1–0,2	0,2–0,3	0,3–0,4	0,4–0,5	1,0–1,1	
Мус "Журавлинний" (контроль)	36,3	24,2	39,5	0,0	0,0	0,0	100,0
Мус "Малинка" (зразок 3)	26,2	69,0	4,8	0,0	0,0	0,0	100,0
Самбук "Яблучний" (контроль)	13,0	15,6	12,1	9,0	20,2	30,1	100
Самбук "Ягідка" (зразок 7)	9,3	45,7	15,4	17,6	12,0	0,0	100



З даних (табл. 2) видно, що збиті десерти з використанням харчової добавки “Магнетофуд” мають більшу дисперсність порівняно з контрольними зразками.

Дослідженням дисперсності встановлено (табл. 2), що пінна структура збитих десертів з додаванням харчової добавки «Магнетофуд» має середній розмір повітряних пухирців (діаметр 0, 1–0,3 мм), а питома кількість пухирців на 1 мм<sup>2</sup> площини дослідження змінюється у бік пухирців меншого розміру (рис. 6 та рис. 7).

Тобто, можна зробити висновок, що збиті десерти (мус “Малинка” та самбук “Ягідка”) з додаванням харчової добавки “Магнетофуд”, маючи більшу дисперсність, є більш стійкими до руйнування.

Іншими важливими показниками, що характеризують структуру збитих десертів, є густина і пористість (табл. 3).

Таблиця 3

Густина і пористість дослідних зразків збитих десертів: мусів та самбуків ( $n=3$ ,  $p \leq 0,05$ )

Найменування показника	Дослідні зразки сбитих десертів							
	Дослідні зразки мусу				Дослідні зразки самбуку			
	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4	Зразок 5	Зразок 6	Зразок 7	Зразок 8
Густина, кг/м <sup>3</sup>	610±2	585±2	580±2	578±2	630±2	595±2	590±2	588±2
Пористість, %	44±0,5	57±0,5	59±0,5	60±0,5	41±0,5	53±0,5	55±0,5	56±0,5

Аналіз експериментальних даних (табл. 3) показує, що введення харчової добавки “Магнетофуд” у кількості (0,10; 0,15; 0,20) % від рецептурного складу сприяє зменшенню величини густини зразків збитих десертів на (29±1) кг/м<sup>3</sup> для мусу, на (26±2) кг/м<sup>3</sup> для самбуку у порівнянні з контрольними зразками. Також, збільшує пористість збитих десертів на (14,3±0,7) % для мусу, на (12,7±0,6) % для самбуку у порівнянні з контрольними зразками.

### 5. 3. Встановлення раціональної масової частки харчової добавки “Магнетофуд” у рецептурах ягідно-плодових мусів та самбуків

На основі проведених експериментальних досліджень встановлено раціональну кількість харчової добавки “Магнетофуд”, що становить 0,15 % від маси рецептурного складу.

На рис. 9 наведено діаграми рецептурного складу мусу “Малинка” та самбуку “Ягідка”.

Проведені дослідження довели та обґрунтували формування структурно-механічних властивостей збитих десертів з введенням до їх рецептури харчової добавки “Магнетофуд”.

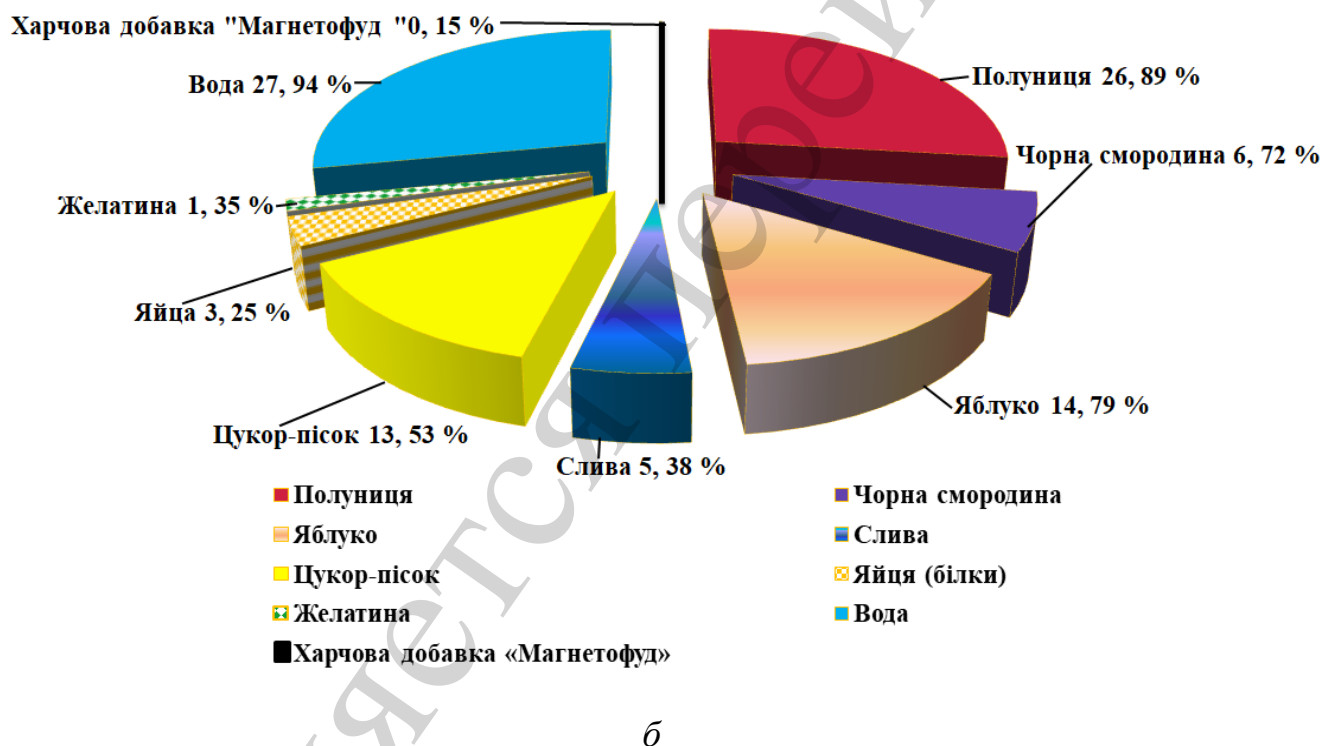
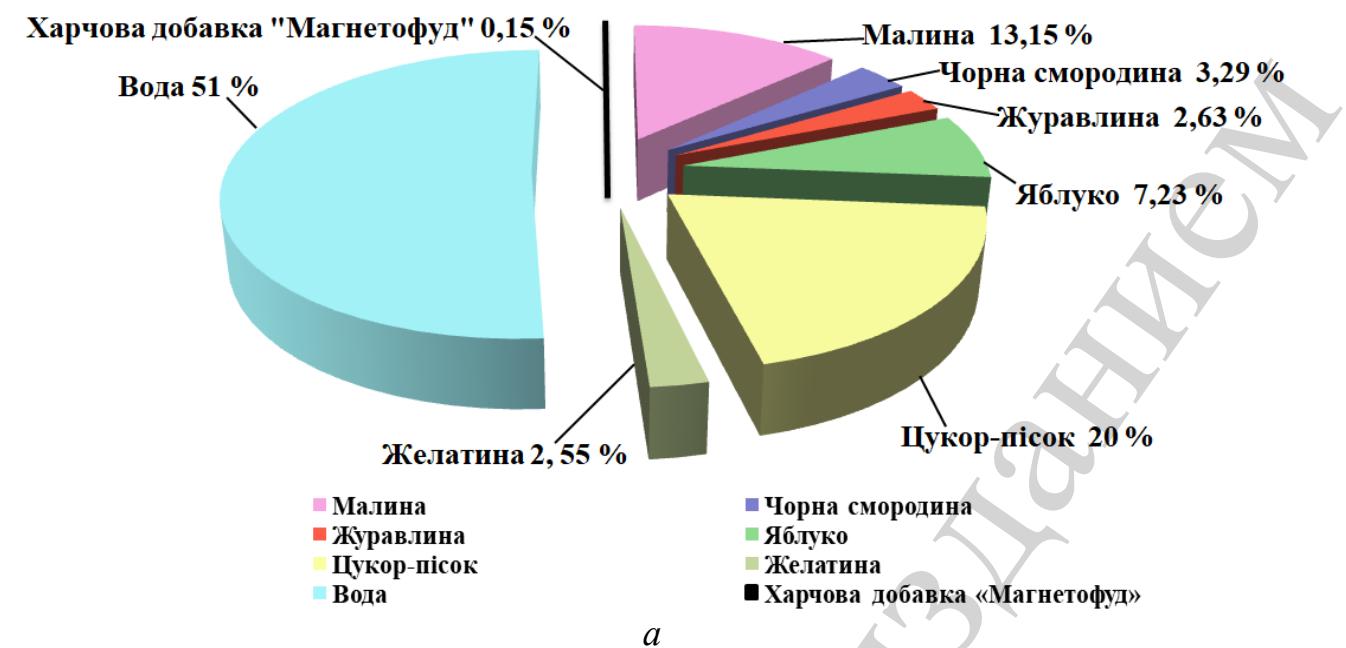


Рис. 9. Діаграми рецептурного складу ягідно-фруктових збитих десертів з раціональною кількістю харчової добавки "Магнетофуд" – 0,15 % від рецептурної суміші: *a* – мус "Малинка"; *b* – самбук "Ягідка" "Магнетофуд"

#### 6. Обговорення результатів дослідження впливу харчової добавки "Магнетофуд" на структурно-механічні властивості збитих десертів

Представлені експериментальні дані (рис. 1, *a*, *b*) дозволяють констатувати, що найвищою піноутворюючою здатністю (ПЗ) володіють зразки збитих десертів (мусів та самбуків) з вмістом харчової добавки "Магнетофуд" 0,15 % від рецептурної суміші, ПЗ яких становить  $(290 \pm 5) \%$  – для мусу

“Малинка” та  $(350 \pm 6)$  % для самбуку “Ягідка” при тривалості збивання  $(17 \pm 1)$  хвилин. У контрольних зразках найвище значення ПЗ становить  $(224 \pm 4)$  % – для мусу і  $(275 \pm 5)$  % – для самбуку при тривалості збивання 20 хвилин. Тобто введення добавки “Магнетофуд” скорочує час збивання на 3 хвилини. Інші дослідні зразки збитих десертів з вмістом харчової добавки “Магнетофуд” у кількості  $(0,10$  і  $0,20)$  % від рецептурного складу мають дещо нижчі значення показників (відповідно,  $(267 \pm 5)$  % і  $(279 \pm 5)$  % – для мусу “Малинка” та  $(320 \pm 6)$  % і  $(340 \pm 5)$  % – для самбуку “Яблучко”); а мінімальні значення показників мають контрольні зразки, які становлять  $(224 \pm 4)$  % – для мусу “Журавлинний” і  $(275 \pm 5)$  % – для самбука “Яблучний або сливовий”.

Аналіз впливу харчової добавки “Магнетофуд” у кількості  $(0,10; 0,15; 0,20)$  % від рецептурного складу на стабільність піни (СП) збитих десертів (рис. 2) показує, що практично всі зразки протягом 5 хвилин забезпечують 100 % стабільність піни. Найкращим показником володіють зразки збитих десертів з вмістом харчової добавки “Магнетофуд” 0,15 % від рецептурної суміші. При цьому, СП цих зразків зменшується: на  $(13,0 \pm 0,6)$  % – для мусу “Малинка” та  $(11,0 \pm 0,5)$  % для самбуку “Ягідка” при тривалості зберігання 60 хвилин. Інші дослідні зразки збитих десертів з вмістом харчової добавки “Магнетофуд” у кількості  $(0,10$  і  $0,20)$  % мають дещо гірше значення показників: зменшення СП за 60 хвилин зберігання складає, відповідно,  $(20,0 \pm 0,9)$  % і  $(16,0 \pm 0,6)$  % – для мусу “Малинка” та  $(18,0 \pm 0,8)$  % і  $(13,0 \pm 0,5)$  % – для самбуку “Яблучко”). Максимальне зменшення значень СП мають контрольні зразки, які становлять  $(36 \pm 2)$  % – для мусу “Журавлинний” і  $(35 \pm 2)$  % – для самбука “Яблучний або сливовий”. Таким чином, використання харчової добавки “Магнетофуд” сприяє підвищенню збитості мусів і самбуків (рис. 1) та стабільності збитих десертів (рис. 2). Результати досліджень доказують, що гіпотеза стабілізації структури збитих десертів із застосуванням харчової добавки “Магнетофуд” зумовлена її вологоутримуючими властивостями. Крім того, наночастинки добавки “Магнетофуд” з великої питомої поверхнею відіграють роль поверхнево-активних центрів [8, 9]. Однак, введення добавки “Магнетофуд” біля 0,2 % та більш у систему затримує підйом піни та прискорює коалесценцію (в’язкість та щільність системи зростає й збитість ягідно-плодової основи падає).

З аналізу впливу харчової добавки “Магнетофуд” у кількості  $(0,10; 0,15; 0,20)$  % від рецептурного складу на міцність дослідних зразків мусів та самбуків (рис. 3) слід наступне. При зберіганні збитих десертів за температури  $(2-4)$  °C протягом  $(1; 12; 24)$  годин механічна міцність їх структури дещо зростає – у середньому: в 1,21; 1,23; 1,24 рази у мусі “Малинка” та в 1,25; 1,29; 1,33 рази у самбуці “Ягідка” у порівнянні з контролем. Отримані результати досліджень є підставою для зменшення вмісту желатину в рецептурній суміші збитих десертів: у мусі “Малинка” порівняно з контролем – 2,55 % замість 2,7%; у самбуці “Ягідка” порівняно з контролем – 1,35 % замість 1,5%.

Реологічні криві дослідних зразків мусів та самбуків (рис. 4, 5) свідчить про їх псевдопластичність, так як зі збільшенням градієнта швидкості зсуву їх в’язкість знижується. При малих швидкостях зсуву збиті десерти володіють плинністю і здатністю до відновлення. Зі збільшенням швидкості деформації в

діапазоні  $(1,8-8,1) \text{ с}^{-1}$  відбувається зниження в'язкості, ймовірно, за рахунок деформації кулястих пухирців повітря в еліпсоїдні [1, 18]. При швидкості зсуву, що перевищує  $8,1 \text{ с}^{-1}$ , інтенсивність зниження в'язкості збитих десертів порівняно мала. Тобто в'язкість практично перестає залежати від швидкості зсуву. Для цих ділянок характерно поступово зростаюче число зруйнованих повітряних бульбашок. Горизонтальні ділянки кривих відповідають в'язкості дослідних зразків збитих десертів з повністю зруйнованою структурою [1]. Слід зазначити, що введення в рецептурний склад харчової добавки "Магнетофуд" в кількості  $(0,10; 0,15; 0,20) \%$  від рецептурної суміші сприяє збільшенню ефективної в'язкості зразків ягідно-плодових мусів та самбуків в середньому на  $(32 \pm 2) \text{ Па} \cdot \text{с}$  як для мусу, так і для самбуку. Збільшення в'язкості пов'язано зі структуруючою дією наночастинок добавки "Магнетофуд" [8]. Це призводить до агрегації желатини, в результаті чого зростає стійкість пінних плівок. Підвищення драглеутворюючої здатності желатини дозволяє підвищити в'язкість в каналах Гіббса-Плато, що уповільнює процес синерезиса [1, 18]. Крім цього, під впливом наночастинок "Магнетофуд" структурується і яєчний білок (у складі композиції самбуку), підвищуючи стійкість збитого ягідно-плодового десерту до механічного впливу [9].

Мікроскопічний аналіз дослідних зразків мусів та самбуків (рис. 6) показує, що введення харчової добавки "Магнетофуд" у кількості  $(0,10; 0,15; 0,20) \%$  від рецептурного складу підвищує дисперсність збитих десертів. А також сприяє більш вузькому розподілу пухирців повітря за діаметром у порівнянні з контрольними зразками (рис. 7 та табл. 2). Так, до складу мусу "Малинка" з вмістом добавки "Магнетофуд" у кількості  $0,15 \%$  до маси рецептурної суміші входить  $26,2 \%$  пухирців розміром до  $0,1 \text{ мм}$ ;  $69,0 \%$  –  $(0,1-0,2) \text{ мм}$ ;  $4,8 \%$  –  $(0,2-0,3) \text{ мм}$ . Пухирці в даному збитому десерті займають  $36,7 \%$  загального об'єму, що відповідає площі  $1,59 \text{ мм}^2$  від загальної  $4,3 \text{ мм}^2$ . В порівнянні із цим контрольний зразок – мус "Журавлинний" має дещо меншу дисперсність. Так, загальна площа, яку займають пухирці становить  $1,85 \text{ мм}^2$ , що дорівнює  $42,9 \%$ ; з них  $36,3 \%$  пухирців розміром до  $0,1 \text{ мм}$ ,  $24,2 \%$  –  $0,1-0,2 \text{ мм}$ ,  $39,5 \%$  –  $0,2-0,3 \text{ мм}$ . В самбуці таке динаміка. До складу самбуку "Ягідка" з вмістом добавки "Магнетофуд" у кількості  $0,15 \%$  до маси рецептурної суміші входить  $9,3 \%$  пухирців розміром до  $0,1 \text{ мм}$ ;  $45,7 \%$  –  $(0,1-0,2) \text{ мм}$ ;  $15,4 \%$  –  $(0,2-0,3) \text{ мм}$ ;  $17,6 \%$  –  $(0,3-0,4) \text{ мм}$ ;  $12,0 \%$  –  $(0,4-0,5) \text{ мм}$ . Пухирці в даному збитому десерті займають  $39,4 \%$  загального об'єму. Це відповідає площі  $1,69 \text{ мм}^2$  від загальної  $4,3 \text{ мм}^2$ . В порівнянні із цим контрольний зразок – самбук "Яблучний" має дещо меншу дисперсність. Так, загальна площа, яку займають пухирці становить  $1,89 \text{ мм}^2$ , що дорівнює  $43,9 \%$ ; з них  $13,0 \%$  пухирців розміром до  $0,1 \text{ мм}$ ,  $15,6 \%$  –  $(0,1-0,2) \text{ мм}$ ;  $12,1 \%$  –  $(0,2-0,3) \text{ мм}$ ;  $9,0 \%$  –  $(0,3-0,4) \text{ мм}$ ;  $20,2 \%$  –  $(0,4-0,5) \text{ мм}$ ;  $30,1 \%$  –  $(1,0-1,1) \text{ мм}$ . Більш суттєво це спостерігається в зразках самбуків із використанням яєчного білка та желатини, ніж за використання тільки желатини (муси). У мусі "Журавлинний" (контроль) фракція пухирців розміром  $(0-0,2) \text{ мм}$  становить  $(60,5 \pm 3,1) \%$  площини дослідження. Тоді як для мусу "Малинка" з додаванням харчової добавки "Магнетофуд" у раціональній кількості  $0,15 \%$  від маси рецептурної суміші це  $(95,2 \pm 4,7) \%$  площини дослідження. У

самбуку "Яблучний" (контроль) фракція пухирців розміром (1,0–1,1) мм становить  $(30,1 \pm 1,5)$  % площини дослідження. Тоді як для самбуку "Ягідка" спостерігається розподіл за розміром повітряної фракції в межах (0,1–0,5) мм.

Узагальнюючи дані про стабільності зразків збитих десертів і розподілу пухирців повітря за діаметром можна відзначити, що функціональність харчової добавки "Магнетофуд", в цьому випадку, відбивається в першу чергу на зниженні поверхневого натягу. Руйнування пінної структури мусів і самбуків обумовлено процесами дифузії повітря, стіканням рідини із стінок пухирців (в'язкістю рідини) і укрупненням пухирців через злиття. Досить вузький пік при  $r=(0,2 \pm 0,01)$  мм для дослідних зразків мусу "Малинка" і самбуку "Ягідка" з додаванням "Магнетофуд" вказує на рівномірну збитість ягідно-плодових десертів. Однак через більшої в'язкості і меншим за величиною поверхневим натягом піностійкість в цих дослідних зразках з добавкою "Магнетофуд" вища.

Таким чином, введення харчової добавки "Магнетофуд" у кількості 0,15 % від маси рецептурної суміші стабілізує пінну структуру збитих десертів, в тому числі протягом встановлених регламентом термінів зберігання.

З експериментальних даних (табл. 3) випливає, що введення харчової добавки "Магнетофуд" у кількості (0,10; 0,15; 0,20) % від рецептурного складу сприяє:

- зменшенню величини густини зразків збитих десертів у порівнянні з контрольними зразками: на  $(29 \pm 1)$  кг/м<sup>3</sup> для мусів, на  $(26 \pm 1)$  кг/м<sup>3</sup> для самбуків. Що можна пояснити наступним чином: поверхнево-активні наночастинки "Магнетофуд" володіють комплексоутворюючими і структуроутворюючими властивостями. Тому, сприяють розгалуженню головних ланцюгів макромолекул білоквмісних інгредієнтів (зокрема, желатини, яєчного білку) в дисперсійному середовищі. При цьому, сповільнюючи процес витікання рідини і тоншання стінок повітряних пухирців. В результаті чого густина дослідних зразків збитих десертів зменшується в порівнянні з контрольними зразками;

- збільшенню пористості збитих десертів у порівнянні з контрольними зразками: на  $(14,3 \pm 0,7)$  % для мусів, на  $(12,7 \pm 0,6)$  % для самбуків. Це надає десертам легку та ніжну збиту структуру. Це пов'язано з формуванням та стабілізацією просторового каркасу внаслідок магнетофудово-білково-вуглеводного комплексоутворення (за допомогою молекулярних та міжмолекулярних зв'язків). А також високої водозв'язуючої і водоутримуючої здатності наночастинок добавки "Магнетофуд". Все це сприяє перерозподілу вологи за формами зв'язку та змінам у просторовому зв'язку води в системі [8, 9].

Дослідження дисперсності, густини і пористості мусу "Малинка" та самбуку "Ягідка" з використанням харчової добавки "Магнетофуд" засвідчило, що досліджені збиті десерти мають високу дисперсність та густину. Це запобігає швидкому руйнуванню при більшій кількості пор. Також, більша пористість, забезпечує збитим десертам пінну та ніжну консистенцію.

Також, експериментально встановлено раціональну кількість харчової добавки "Магнетофуд", що становить 0,15 % від рецептурного складу, який детально розглянутий на діаграмах рецептур збитих десертів: мусу "Малинка" та самбуку "Ягідка" (рис. 8).



Отримані результати дають підставу рекомендувати харчову добавку “Магнетофуд” в якості стабілізатора, структуроутворювача та поліпшувача харчових аерованих структур.

## 7. Висновки

1. Встановлено, що додавання харчової добавки “Магнетофуд” у кількості (0,10; 0,15; 0,20) % від рецептурного складу:

- підвищує піноутворюючу здатність у середньому: на  $(40 \pm 2)$  % для мусів та на  $(55 \pm 3)$  % для самбуків у порівнянні з контролем;
- скорочує час збивання десертів на 3 хвилини у порівнянні з контролем;
- збільшує стабільність піни збитих десертів на  $(22,5 \pm 1,1)$  % у порівнянні з контролем.

2. Дведено, що додавання харчової добавки “Магнетофуд” у кількості (0,10; 0,15; 0,20) % від рецептурного складу поліпшує структурно-механічні властивості збитих десертів у порівнянні з контрольними зразками:

- підвищує ефективну в’язкість на  $(4,4 \pm 0,2)$  % для мусів і на  $(4,1 \pm 0,1)$  % для самбуків;
- підвищує механічну міцність збитих десертів в 1, 23 рази;
- збільшує дисперсність збитих десертів і фракцію повітряних пухирців розміром (0 – 0,2) мм на  $(29,5 \pm 0,9)$  %;
- збільшує пористість на  $(14,3 \pm 0,7)$  % для мусів та на  $(12,7 \pm 0,6)$  % для самбуків;
- зменшує густину на  $(29 \pm 1)$  кг/м<sup>3</sup> для мусів та на  $(26 \pm 1)$  кг/м<sup>3</sup> для самбуків.

3. Встановлено раціональний вміст харчової добавки “Магнетофуд” – 0,15 % до рецептурного складу.

Отримані результати дають підставу рекомендувати харчову добавку “Магнетофуд” в якості стабілізатора, структуроутворювача та поліпшувача збитих десертів.

## Література

1. Горіченко Н. В., Горальчук А. Б., Омельченко С. Б. Роль ПАР у процесах формування міжфазних адсорбційних шарів піноемульсійних продуктів // Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді: всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів. Ч. 1. Харків: ХДУХТ, 2014. С. 5.

2. Миронов О. Ю., Горальчук А. Б., Товма Л. Ф. Обґрунтування використання поверхнево-активних речовин в технології піноподібної продукції на основі яєчного білка // Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства і торгівлі: всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів. Ч. 1. Харків: ХДУХТ, 2013. С. 35.

3. Омельченко С. Б., Шаня І. М., Горальчук А. Б. Обґрунтування вмісту емульгаторів у складі піноемульсійних продуктів // Актуальні проблеми розвитку

харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі: всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів. Ч. 1. Харків: ХДУХТ, 2013. С. 53.

4. Омельченко С. Б., Горальчук А. Б. Визначення ролі поверхнево-активних речовин у формуванні міжфазних адсорбційних шарів // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: міжнар. наук.-практ. конф. Харків: ХДУХТ, 2015. С. 291–292.

5. Dickinson E. Interfacial Particles in Food Emulsions and Foams // Colloidal Particles at Liquid Interfaces. 2006. P. 298–327. doi: <https://doi.org/10.1017/cbo9780511536670.009>

6. Производство желейной и взбивной продукции с использованием модификаторов: монография / Перцевой Ф. В., Фощан А. Л., Савгира Ю. А. и др. Днепропетровск: Пороги, 2003. 204 с.

7. Технология производства и показатели качества пищевой добавки на основе магнетита / Илюха Н. Г., Барсова З. В., Цихановская И. В., Коваленко В. А. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2010. Т. 6, № 10 (48). С. 32–35. URL: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/5847/5271>

8. Substantiation of the mechanism of interaction between biopolymers of rye-and-wheat flour and the nanoparticles of the magnetofood food additive in order to improve moisture-retaining capacity of dough / Tsykhanovska I., Evlash V., Alexandrov A., Lazarieva T., Svidlo K., Gontar T. et. al. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 2, Issue 11 (92). P. 70–80. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126358>

9. Substantiation of the interaction mechanism between the lipo- and glucoproteids of rye-wheat flour and nanoparticles of the food additive «Magnetofood» / Tsykhanovska I., Evlash V., Alexandrov A., Lazarieva T., Bryzyska O. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 4, Issue 11 (94). P. 61–68. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.140048>

10. Karim A. A., Bhat R. Gelatin alternatives for the food industry: recent developments, challenges and prospects // Trends in Food Science & Technology. 2008. Vol. 19, Issue 12. P. 644–656. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.08.001>

11. Campbell G. Creation and characterisation of aerated food products // Trends in Food Science & Technology. 1999. Vol. 10, Issue 9. P. 283–296. doi: [https://doi.org/10.1016/s0924-2244\(00\)00008-x](https://doi.org/10.1016/s0924-2244(00)00008-x)

12. Whey protein fluid gels for the stabilisation of foams / Lazidis A., Hancocks R. D., Spyropoulos F., Kreuß M., Berrocal R., Norton I. T. // Food Hydrocolloids. 2016. Vol. 53. P. 209–217. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.02.022>

13. Formation and stability of food foams and aerated emulsions: Hydrophobins as novel functional ingredients / Green A. J., Littlejohn K. A., Hoo-ley P., Cox P. W. // Current Opinion in Colloid & Interface Science. 2013. Vol. 18, Issue 4. P. 292–301. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2013.04.008>

14. Dickinson E. Structuring of colloidal particles at interfaces and the relationship to food emulsion and foam stability // Journal of Colloid and Interface Science. 2015. Vol. 449. P. 38–45. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2014.09.080>

15. Stabilization of foams and emulsions by mixtures of surface active food-grade particles and proteins / Murray B. S., Durga K., Yusoff A., Stoyanov S. D. // *Food Hydrocolloids*. 2011. Vol. 25, Issue 4. P. 627–638. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.07.025>
16. Effect of fish gelatine-sodium alginate interactions on foam formation and stability / Phawaphuthanon N., Yu D., Ngamnikom P., Shin I.-S., Chung D. // *Food Hydrocolloids*. 2019. Vol. 88. P. 119–126. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.09.041>
17. Dabestani M., Yeganehzad S. Effect of Persian gum and Xanthan gum on foaming properties and stability of pasteurized fresh egg white foam // *Food Hydrocolloids*. 2019. Vol. 87. P. 550–560. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.08.030>
18. Фощан А. Л. Регулювання реологічних та структурно-механічних властивостей желейних виробів та напівфабрикатів на основі комбінованих систем драгле утворювачів // *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2010. № 2. С. 29–30.
19. Игнатова Т. А., Подкорытова А. В. Использование гидрогелей каррагинанов в технологии желейных продуктов // *Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов мирового океана: материалы III Междунар. науч.-техн. конф.* Владивосток: Дальрыбвтуз, 2014. С. 58–63.
20. The hydrophobic modification of kappa carrageenan microgel particles for the stabilisation of foams / Ellis A. L., Mills T. B., Norton I. T., Norton-Welch A. B. // *Journal of Colloid and Interface Science*. 2019. Vol. 538. P. 165–173. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2018.11.091>
21. Bovšková H., Míková K. Factors influencing egg white foam quality // *Czech Journal of Food Sciences*. 2011. Vol. 29, Issue 4. P. 322–327. doi: <https://doi.org/10.17221/435/2010-cjfs>
22. Metallic Cations Affect Functional Performance of Spray-Dried Heat-Treated Egg White / Cotterill O. J., Chang C. C., Mcbee L. E., Heymann H. // *Journal of Food Science*. 1992. Vol. 57, Issue 6. P. 1321–1321. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1992.tb06846.x>
23. Salmonella, Campylobacter and Escherichia coli 0157:H7 decontamination techniques for the future / Corry J. E. L., James C., James S. J., Hinton M. // *International Journal of Food Microbiology*. 1995. Vol. 28, Issue 2. P. 187–196. doi: [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(95\)00056-9](https://doi.org/10.1016/0168-1605(95)00056-9)
24. Киласония К. Г. Использование пюре фейхоа и киви для получения сбивных кондитерских изделий // *Пищевая промышленность*. 2004. № 12. С. 79.
25. Иоргачева Е. Г. Пюре из топинамбура – рецептурный ингредиент кондитерских изделий // *Зб. наук. пр. ОДАХТ*. 2002. Вип. 23. С. 120–124.
26. Design and characterization of soluble biopolymer complexes produced by electrostatic self-assembly of a whey protein isolate and sodium alginate / Fioramonti S. A., Perez A. A., Aríngoli E. E., Rubiolo A. C., Santiago L. G. // *Food Hydrocolloids*. 2014. Vol. 35. P. 129–136. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.05.001>

27. Evaluation of volatile characteristics in whey protein isolate–pectin mixed layer emulsions under different environmental conditions / Mao L., Boiteux L., Roos Y. H., Miao S. // *Food Hydrocolloids*. 2014. Vol. 41. P. 79–85. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.03.025>
28. Stabilization of foam and emulsion by subcritical water-treated soy protein: Effect of aggregation state / Wang M.-P., Chen X.-W., Guo J., Yang J., Wang J.-M., Yang X.-Q. // *Food Hydrocolloids*. 2019. Vol. 87. P. 619–628. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.08.047>
29. Капельянец Л. В., Иоргачева Е. Г., Банова С. И. Модифицированные соепродукты с улучшенными пенообразующими и эмульгирующими свойствами // *Зернові продукти і комбікорми*. 2002. № 2. С. 23–25.
30. Food-grade Pickering stabilizers obtained from a protein-rich lupin cultivar (AluProt-CGNA®): Chemical characterization and emulsifying properties / Burgos-Díaz C., Wandersleben T., Olivos M., Lichtin N., Bustamante M., Solans C. // *Food Hydrocolloids*. 2019. Vol. 87. P. 847–857. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.09.018>
31. Surface engineered bacteria as Pickering stabilizers for foams and emulsions / Jiang X., Yucel Falco C., Dalby K. N., Siegmundfeldt H., Arneborg N., Risbo J. // *Food Hydrocolloids*. 2019. Vol. 89. P. 224–233. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.10.044>
32. Nanoparticle as a novel foam controller for enhanced protein separation from sweet potato starch wastewater / Hu N., Wu Z., Jin L., Li Z., Liu W., Huang D., Yang C. // *Separation and Purification Technology*. 2019. Vol. 209. P. 392–400. doi: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.07.064>
33. Здобнов А. И., Цыганенко В. А. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий: Для предприятий общественного питания. Киев: ООО “Издательство Арий”, 2009. 680 с.
34. Improving the technique of scrambled desserts using the food supplement “Magnetofood” / Tsykhanovska I., Yevlash V., Alexandrov A., Khamitova B., Svidlo K., Nechuiviter O. // *EUREKA: Life Sciences*. 2019. Issue 2. P. 40–48. doi: <http://dx.doi.org/10.21303/2504-5695.2019.00856>
35. Архіпов В. В., Іванникова Т. В., Архіпова А. В. Ресторанна справа: Асортимент, технологія і управління якістю продукції в сучасному ресторані: навч. пос. К.: Фірма «ІЙКОС», Центр навчальної літератури, 2007. 382 с.
36. Захарчук В. Г., Кунділовська Т. А., Гайдукович Г. Є. Технологія продукції ресторанного господарства: навч. пос. Одеса: ОНЕУ, Атлант ВОІ СОІУ, 2016. 479 с.